УДК 004.825

В.И. Булкин
Макеевский экономико-гуманитарный институт, Украина
Bulkin01@mail.ru

Мозгоподобные структуры – основа создания мозгоподобных ЭВМ

В работе предлагается реализовать идеи академика В.М. Глушкова о мозгоподобных структурах. Мозгоподобные структуры предполагается создавать на основе логических сетей, дающих возможность аппаратно решать алгебропредикатные уравнения. Рассматриваются теоретические и методологические основы создания мозгоподобных ЭВМ на базе мозгоподобных структур, представленных в виде логических сетей. Каждую логическую сеть предлагается реализовать аппаратно в виде сверхбыстродействующей электронной платы для автоматического параллельного решения задач. Электронные платы логических сетей предлагается вставлять в материнскую плату персонального компьютера и получать таким образом мозгоподобные ЭВМ параллельно-последовательного типа. Такие мозгоподобные ЭВМ могут стать промежуточным звеном в деле создания интеллектуальных систем параллельного действия.

Введение

Еще в начале второй половины XX века академик Виктор Михайлович Глушков высказывал мысль о том, что принципы действия универсальных вычислительных машин фон-неймановского типа очень сильно отличаются от принципов работы человеческого мозга. В.М. Глушков отмечал, что машина сводит арифметические операции к логическим, а человеческий мозг – наоборот. Поэтому, значительно превосходя человека в скорости выполнения арифметических операций, машина не имеет такого превосходства в скорости выполнения операций логического типа. В связи с этим возникала необходимость в глубоком изучении закономерностей работы мозга для того, чтобы в конечном итоге прийти к построению электронных машин, выполняющих логические операции значительно лучше, чем любая существующая электронная вычислительная машина [1]. Впоследствии это направление исследований он назвал идеей мозгоподобных структур.

В.М. Глушков предполагал, что мозгоподобные структуры будут представлять собой устройства, объединяющие между собой десятки миллионов логических элементов, на количество соединений между которыми не накладываются никакие ограничения. Особенностью этих структур является слияние памяти с обработкой данных. Данные должны обрабатываться по всей памяти с максимальным распараллеливанием операций. Речь шла не о копировании мозга, а о функциональном сходстве мозгоподобных структур с мозгом. Поэтому эти структуры и получили именно такое название – мозгоподобные. В идеале мозгоподобная структура должна представлять собой структуру с параллельными процессами, управляемыми многими потоками данных и команд. Однако возможны и компромиссные решения с постепенным отходом от принципов фон Неймана. Поэтому мозгоподобной структурой можно считать любую структуру, воспроизводящую функциональности человеческого интеллекта.

В работе [2] понятие мозгоподобной структуры предлагается отождествлять с понятием математической структуры. Классическое определение математической структуры следующее: «Структура математическая – родовое название, объеди-

няющее понятия, общей чертой которых является то, что они применяются к множествам, природа элементов которых не определена. Чтобы определить структуру, задают отношения, в которых находятся элементы множеств (типовая характеристика структуры), а затем постулируют, что данные отношения удовлетворяют условиям – аксиомам структуры» [3]. В применении к человеку и вычислительной технике понятие мозгоподобной структуры предлагается сузить и отождествить его с конечной математической структурой. Конечной математической структурой является «родовое название, объединяющее понятия, общей чертой которых является то, что они применяются к конечным множествам, природа элементов которых не определена. Чтобы определить конечную структуру, задают конечные отношения, в которых находятся элементы множеств (типовая характеристика конечной структуры), а затем постулируют, что данные конечные отношения удовлетворяют условиям – аксиомам конечной структуры».

Постановка задачи

Целью работы является разработка теоретических и методологических основ создания мозгоподобных ЭВМ на базе мозгоподобных структур, представленных в виде логических сетей.

Одним из основополагающих понятий, на которое опирается понятие мозгоподобной структуры, является понятие отношения. Как известно отношение – это произвольное подмножество R декартова произведения $A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_n$ непустых множеств A_1, A_2, …, A_n. Декартово произведение определяется как множество последовательностей (a_1, a_2, …, a_n) элементов соответствующих множеств, таких, что $a_1 \in A_1$, $a_2 \in A_2$, …, $a_n \in A_n$. Для того чтобы отношениями могли оперировать машины, необходимо представлять их в виде формул. В этом случае, обрабатывая отношения, представленные в формульном виде, машина сможет обрабатывать мысли, соответствующие этим отношениям, то есть мыслить. Описание отношений в виде формул можно осуществить только на языке алгебры предикатов, используя метод перевода [2]. Согласно этому методу каждому отношению Р можно поставить во взаимно однозначное соответствие предикат P.

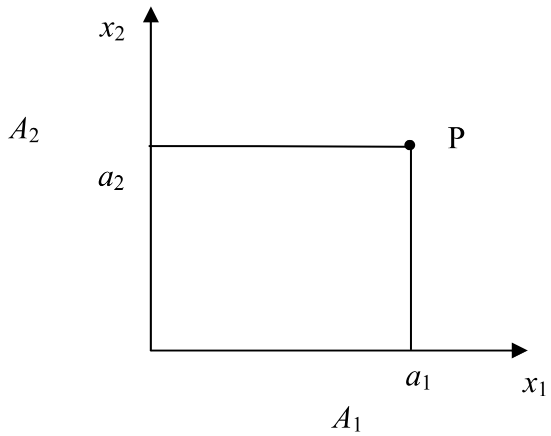


Рисунок 1 – Графическая интерпретация понятия «факт» для двумерного предметного пространства

Каждый факт реальной действительности можно охарактеризовать отношением, состоящим из одного набора предметов P = {(a_1, a_2, …, a_n)}. Этот факт говорит о том, в каких состояниях находятся места x_1, x_2, …, x_n предметного пространства. Например, для двумерного предметного пространства факту P = {(a_1, a_2)} будет соответствовать точка на плоскости с координатами $x_1 = a_1$, $x_2 = a_2$ (рис. 1).

Факту P = {(a_1, a_2, …, a_n)} n-мерного предметного пространства будет соответствовать точка n-мерного предметного пространства с координатами $x_1 = a_1$, $x_2 = a_2$, …, $x_n = a_n$.

Отношению P соответствует высказывание «$x_1 = a_1$ и $x_2 = a_2$ и … и $x_n = a_n$», вследствие чего отношению P можно поставить в соответствие предикат

$$P(x_1, x_2, \ldots, x_n) = x_1^{a_1} x_2^{a_2} \ldots x_n^{a_n} .$$

Отношением произвольного вида

$$Q = \{(a_{11}, a_{21}, \ldots, a_{n1}), (a_{12}, a_{22}, \ldots, a_{n2}), \ldots, (a_{1k}, a_{2k}, \ldots, a_{nk})\}$$

можно выразить любое знание о любом факте. Это знание представляет собой перечень всех вариантов

$$P_1 = \{(a_{11}, a_{21}, \ldots, a_{n1})\},$$
$$P_2 = \{(a_{12}, a_{22}, \ldots, a_{n2})\},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$P_k = \{(a_{1k}, a_{2k}, \ldots, a_{nk})\}$$

факта P. Знание Q о факте P можно выразить высказыванием «($x_{11} = a_{11}$ и $x_{21} = a_{21}$ и … и $x_{n1} = a_{n1}$) или ($x_{12} = a_{11}$ и $x_{21} = a_{22}$ и … и $x_{n1} = a_{n2}$) или … или ($x_{1k} = a_{1k}$ и $x_{2k} = a_{2k}$ и … и $x_{nk} = a_{nk}$)», которому можно поставить в соответствие следующий предикат:

$$Q(x_1, x_2, \ldots, x_n) = x_1^{a_{11}} x_2^{a_{21}} \ldots x_n^{a_{n1}} \vee x_1^{a_{12}} x_2^{a_{22}} \ldots x_n^{a_{n2}} \vee \ldots \vee x_1^{a_{1k}} x_2^{a_{2k}} \ldots x_n^{a_{nk}} .$$

Если факт P входит в перечень всех его возможных вариантов P_1, P_2, …, P_k, то высказывание называют истинным, в противном случае – ложным [2].

Любое отношение P, которому соответствует предикат $P(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, можно в конечном итоге выразить предикатным уравнением

$$P(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 1. \quad (1)$$

В результате получено средство формульной записи произвольных отношений. Решая уравнение (1), можно воспроизводить как физические, так и информационные процессы. Отношениями можно описать структуру и поведение любых объектов. Мышление как процесс обработки знаний – это механизм преобразования отношений, получение новых отношений из имеющихся. Информация, которая поступает из внешнего мира через органы чувств, представляет собой отношения, которые отображают структуру и состояние различных объектов и процессов. Действуя на окружающие его предметы, человек меняет их структуру и состояние в соответствии с отношениями, которые сформировались в его сознании в виде мыслей и знаний. Для решения уравнений вида (1) разработана и используется алгебра предикатных операций [4] и, в частности, ее вариант – кванторная алгебра [5].

Предикатные операции используются тогда, когда возникает необходимость выполнять действия над предикатами. Для задания предикатных операций используют: универсум предметов U с заданными на нем предметными переменными x_1, x_2, …, x_n; множество M предикатов $P(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ на предметном пространстве U^n. Множество

М называется универсумом предикатов. Переменные $X_1, X_2, \ldots, X_m$, определенные на множестве М, называют предикатными переменными. Их значениями служат предикаты, заданные на U^n. Множество M^m называют предикатным пространством размерности m над предметным пространством U^n. Элементы множества M^m (наборы предикатов) называют предикатными векторами. Любая функция $F(X_1, X_2, \ldots, X_m) = Y$, отображающая M^m в М, называется предикатной операцией. Если множество S – это множество предикатных операций, то алгеброй предикатных операций над S, называется любая алгебра, заданная на носителе S.

Решение поставленной задачи

В работе [6] вводятся понятия: алгебры предикатных операций с константами и переменными, дизъюнктивно-конъюнктивной алгебры предикатных операций и фундаментальной алгебры предикатных операций.

Алгеброй предикатных операций с константами и переменными называют булеву алгебру предикатных операций, у которой базисными элементами являются всевозможные тождественные и константные предикатные операции. Тождественной предикатной операцией по переменной X_i называют операцию со значениями

$$F(X_1, X_2, \ldots, X_i, \ldots, X_m) = X_i$$

при любых $X_1, X_2, \ldots, X_i, \ldots, X_m \in M$.

Константной предикатной операцией называют любую операцию со значением

$$F(X_1, X_2, \ldots, X_i, \ldots, X_m) = P$$

при любых $X_1, X_2, \ldots, X_i, \ldots, X_m \in M$. Здесь P – фиксированный предикат из М.

Дизъюнктивно-конъюнктивная алгебра предикатных операций – это алгебра предикатных операций, у которой базисными операциями служат дизъюнкция и конъюнкция, а базисными элементами – всевозможные константы $P \in M$ и предикаты узнавания предикатов X_i^P ($i = \overline{1, m}$, $P \in M$).

Фундаментальной алгеброй называют алгебру предикатных операций, у которой базисными операциями служат дизъюнкция и конъюнкция, а базисными элементами – предикат 0, предикаты узнавания предметов x_i^a ($i = \overline{1, n}$, $a \in U$) и предикаты узнавания предикатов X_i^P ($i = \overline{1, m}$, $P \in M$). Фундаментальная алгебра – это сокращенный вариант дизъюнктивно-конъюнктивной алгебры предикатных операций.

Однако для решения практических задач фундаментальная алгебра не всегда удобна, поэтому была разработана прикладная алгебра или как ее еще называют – кванторная алгебра [5]. Прикладная алгебра – это алгебра предикатных операций с базисом операций, образованным из подстановок вида $x_i / a(X)$ ($i = \overline{1, n}$, $a \in U$), а также операций отрицания и дизъюнкции и с базисом элементов, образованным из предикатов равенства $D(x_1, x_i)$ ($i = \overline{2, n}$), которые здесь выступают в роли константных предикатных операций, и предикатных переменных X_i ($i = \overline{1, m}$), которые в данном случае являются тождественными предикатными операциями.

На языке кванторной алгебры выражаются линейные логические операторы. Логическим оператором, отображающим логическое пространство L в логическое пространство D, называется такое правило, согласно которому каждому вектору из

пространства L ставится в соответствие вектор из пространства D [7]. Обозначают логические операторы латинскими буквами $\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{B}$, … и записывают $\boldsymbol{A}: L\rightarrow D$. Логический оператор $\boldsymbol{A}: L\rightarrow D$ называют линейным, если произведение вектора $l \in L$ на скаляр α он отображает в произведение того же скаляра α на соответствующий вектор $\boldsymbol{A}l \in D$, а дизъюнкцию векторов из пространства L в дизъюнкцию векторов из пространства D. Иначе говоря, логический оператор $\boldsymbol{A}: L\rightarrow D$ является линейным, если для любых векторов $l, k \in L$ и любого логического скаляра α, выполняются свойство однородности:

$$\boldsymbol{A}(\alpha l) = \alpha(\boldsymbol{A}l)$$

и аддитивности:

$$\boldsymbol{A}(l\vee k) = \boldsymbol{A}l\vee \boldsymbol{A}k.$$

Линейные логические операторы используются для решения предикатных уравнений типа (1). На практике это решение осуществляется с помощью логических сетей. Логическая сеть – это графическое представление результата бинарной конъюнктивной декомпозиции многоместного предиката, описывающего функционирование моделируемого объекта [8]. Создание логической сети состоит из нескольких этапов. Вначале выявляют предметные переменные $x_1, x_2, \ldots, x_n$ объекта моделирования и отношения, связывающие эти переменные. На втором этапе осуществляется запись выявленных отношений на языке алгебры предикатов в виде логических уравнений. Результатом формального описания моделируемого объекта является предикат $P(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, соответствующий отношению P, которое представляет собой множество всех наборов предметов $x_1, x_2, \ldots, x_n$, удовлетворяющих предикатному уравнению

$$P(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 1.$$

На третьем этапе производится бинарная конъюнктивная декомпозиция многоместного предиката $P(x_1, x_2, \ldots, x_n)$. На четвертом этапе осуществляется непосредственное построение логической сети. На последнем этапе полученная логическая сеть реализуется либо программным путем, либо создается параллельно действующее электронное устройство, воспроизводящее действие моделируемого объекта [8].

Любая логическая сеть состоит из полюсов и ветвей. Каждому полюсу логической сети ставится в соответствие своя предметная переменная, которую называют атрибутом этого полюса. Каждому полюсу ставится в соответствие его домен. Домен – это множество значений атрибута данного полюса. Любой полюс логической сети в каждый момент времени несет знание о значении атрибута этого полюса сети. Это знание называют состоянием полюса. Оно представляет собой одно из подмножеств домена полюса. Определяя состояния всех полюсов сети в данный момент времени, получаем знание о состоянии всех полюсов сети в этот момент времени [8]. Учитывая это, можно сказать, что логическая сеть является носителем знаний о состоянии предметного пространства в каждый конкретный момент времени.

Каждой ветви логической сети ставится в соответствие свое бинарное отношение, которое называют отношением этой ветви. Каждая ветвь обозначается номером или именем своего отношения. Полюса сети делятся на внешние и внутренние. Каждый внешний полюс соединяется только с одним полюсом сети, а каждый внутренний – более, чем с одним.

Каждую логическую сеть можно реализовать аппаратно в виде сверхбыстродействующей электронной платы для автоматического параллельного решения задач, определяемых той моделью, для которой была построена логическая сеть. Поэтому электронную плату логической сети можно рассматривать как мозгоподобную

структуру. И если теперь эту плату вставить в материнскую плату персонального компьютера последовательного действия, то будет получена вычислительная система последовательно-параллельного действия, которая может выступать в роли мозгоподобной ЭВМ. В процессе решения задачи программа, управляющая работой компьютера, может обращаться к электронной карте логической сети и получать результат за доли микросекунды, снимая его с полюсов логической сети. При этом не только повышается быстродействие компьютера, но и появляется возможность решать такие «нерешаемые» или трудно решаемые обычными компьютерами задачи, как задачи распознавания образов, обработки текстовых и речевых сообщений естественного языка, задачи обработки знаний и другие неформализуемые задачи интеллектуального типа. В данной мозгоподобной ЭВМ параллельная часть представляется набором карт мозгоподобных структур, а последовательная часть – программой, управляющей работой этих карт.

Работу такой мозгоподобной ЭВМ можно сравнить с работой человеческого мозга. Работу программы, управляющей компьютером, можно сопоставить с работой коры головного мозга, которая управляет работой подсознания. Работу плат с мозгоподобными структурами можно сравнить с действием подсознания. Механизм сознания человека представляет собой медленно действующую систему обработки данных последовательного типа. Чтение текста, устная и письменная речь, восприятие слуховых данных, решение различных задач, сознательные движения – все это последовательные процессы, управляемые сознанием. Механизмы подсознания осуществляют параллельную обработку данных, и именно они выполняют основной объем работы мозга [9].

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод. Мозгоподобные ЭВМ параллельно-последовательного типа могут стать промежуточным звеном в деле создания интеллектуальных систем параллельного действия. Для того чтобы такие системы могли моделировать процессы обучения и самообучения, в состав этих систем, скорее всего, следует включать и карты с нейронными сетями. В этом случае такая мозгоподобная ЭВМ сможет не только использовать модели, созданные человеком, но и генерировать их самостоятельно. А это значит, что в этом случае можно вплотную приблизиться к решению задачи создания интеллектуальной системы, решающей интеллектуальные задачи на основе моделей, созданных ею самостоятельно, а также знаний и опыта, приобретенных системой в процессе ее «жизнедеятельности».

Литература

1. Глушков В.М. О некоторых задачах вычислительной техники и связанных с ними задачах математики / В.М. Глушков // Украинский математический журнал. – 1957. – № 4. – С. 369-376.
2. Бондаренко М.Ф. О мозгоподобных структурах / М.Ф. Бондаренко, Н.Е. Русакова, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко // Бионика интеллекта : науч. техн. журнал. – 2010. – № 2 (73). – С. 68-73.
3. Математический энциклопедический словарь [текст] / Сов. энциклопедия ; гл. ред. Ю.В. Прохоров. – М., 1988. – 847 с.
4. Алгебра предикатов и предикатных операций / М.Ф. Бондаренко, З.В. Дударь, Н.Т. Процай [и др.] // Радиоэлектроника и информатика. – 2005. – № 1. – С. 80-86.
5. Дударь З.В. О прикладной алгебре предикатных операций / З.В. Дударь, Н.С. Кравец, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко // Проблемы бионики. – Х. : Изд-во ХТУРЭ, 1998. – Вып. 49. – С. 14-22.

6. Дударь З.В. О фундаментальной алгебре предикатных операций / З.В. Дударь, Н.С. Кравец, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко // Проблемы бионики. – Х. : Изд-во ХТУРЭ, 1998. – Вып. 49 – С. 3-13.
7. Дударь З.В. Отношения как объекты формульного описания / З.В. Дударь, Р.В. Мельникова, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко // Радиоэлектроника и информатика. – Х. : Изд-во ХТУРЭ, 1997. – № 1. – С. 115-119.
8. О мозгоподобных ЭВМ / М.Ф. Бондаренко, З.В. Дударь, И.А. Ефимова [и др.] // Радиоэлектроника и информатика. – Х. : Изд-во ХНУРЭ, 2004. – № 2. – С. 89-105.
9. Модели языка / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко // Бионика интеллекта. – Х. : Изд-во ХНУРЭ, 2004. – № 1. – С. 27-37.

Literatura

1. Glushkov.V.M. Ukrainskij matematicheskij zhurnal. № 4. 1957. S 369-376
2. Bondarenko M.F. Bionika intellekta: nauch. tehn. zhurnal. №2 (73). 2010. S 68-73
3. Matematicheskij jenciklopedicheskij slovar’ [tekst].Sov. Jenciklopedija; gl. red.Prohorov Ju.V. M. 1988. 847 s.
4. Bondarenko M.F. Radiojelektronika i informatika. № 1. 2005. S 80-86
5. Dudar’ Z.V. Problemy bioniki. H.: Izd-voHTURJe. Vyp 49.1998. S 14-22
6. Dudar’ Z.V., Problemy bioniki. H.: Izd-voHTURJe.Vyp. 49.1998. S 3-13
7. Dudar’ Z.V.Radio jelektronika i informatika. H.: Izd-voHTURJe. № 1. 1997. S 115-119
8. Bondarenko M.F. Radiojelektronika i informatika. H.: Izd-voHNURJe.№ 2. 2004. S 89-105
9. Bondarenko M.F. Bionika intellekta. H.: Izd-voHNURJe. № 1. 2004. S 27-37

В.І. Булкін

Мозкоподібні структури – основа створення мозкоподібних ЕОМ

У роботі пропонується реалізувати ідеї академіка В.М. Глушкова про мозкоподібні структури. Мозкоподібні структури передбачається створювати на основі логічних мереж, що дають можливість апаратно вирішувати алгебропредикатні рівняння. Розглядаються теоретичні й методологічні основи створення мозкоподібних ЕОМ на базі мозкоподібних структур, які представлені у вигляді логічних мереж. Кожну логічну мережу пропонується реалізувати апаратно у вигляді надшвидкодіючої електронної плати для автоматичного паралельного рішення завдань. Електронні плати логічних мереж пропонується вставляти в материнську плату персонального комп’ютера й одержувати в такий спосіб мозкоподібні ЕОМ паралельно-послідовного типу. Такі мозкоподібні ЕОМ можуть стати проміжною ланкою у справі створення інтелектуальних систем паралельної дії.

V.I. Bulkin

Brainlike Structures asa Basis of Creation of the Brainlike Computer

In the work it is offered to realize the ideas of academician V.M.Glushkov about brainlike structures. Brainlike structures are supposed to be created on the basis of the logic networks giving an opportunity to solvealgebra-predicates equationsby hardware. Theoretical and methodological bases of creation of the brainlike computer on base of brainlike structures submitted as logic networks are considered. Each logic network is offered to be realized as an ultra fast electronic card for the automatic parallel decision of problems. Electronic cards of logic networks are offered to be inserted into a motherboard of a personal computer and thus to receive brainlike computer of parallel-serial type. Such brainlike computer could become an intermediate link in creation of intellectual parallel systems.

Статья поступила в редакцию 04.07.2011.